

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS DES NOMBRES DE LA FORME $a^m + b^m$

Autor(en): **KULAKOFF, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **37 (1938)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-28589>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SUR QUELQUES PROPRIÉTÉS DES NOMBRES DE LA FORME $a^m + b^m$

PAR

A. KULAKOFF (Moscou).

Dans mon travail: *Sur quelques propriétés des groupes finis*¹ j'ai démontré le théorème suivant: soit p un nombre premier impair, et α un nombre entier tel que $\alpha^p \equiv 1 \pmod{k}$. Alors une congruence linéaire de la forme:

$$(\alpha^{i+1} - 1)x \equiv \alpha^i - 1 \pmod{k}, \quad (1 \leq i \leq p - 2)$$

admet nécessairement une solution.

C'est en essayant de généraliser ce théorème que je suis arrivé aux résultats du présent article.

§ 1. — Soient a et b deux nombres entiers positifs, premiers entre eux, et tels que $ab \not\equiv 1$. Nous allons démontrer que le plus grand commun diviseur d des nombres $a^m + b^m$ et $a^n + b^n$ divise l'un au moins des nombres $a^\delta + b^\delta$ et $a^\delta - b^\delta$, où $\delta = (m, n)$.

Soit $m \geq n$. Si m est divisible par n , le théorème est évidemment vrai.

Supposons maintenant que

$$m = \nu n + \sigma_1 \quad (1 \leq \sigma_1 < n)$$

$$n = \sigma_1 n_1 + \sigma_2 \quad (0 \leq \sigma_2 < \sigma_1)$$

.

¹ *Recueil mathématique* (nouvelle série), t. 1, fasc. 2, p. 253 (1936).

Il est clair que d divise le nombre

$$a^m + b^m - b^{m-n}(a^n + b^n) = a^n(a^{m-n} - b^{m-n}).$$

Or d est premier à a^n , puisque d est un diviseur de $a^n + b^n$, donc d divise $a^{m-n} - b^{m-n}$.

Il en résulte que d divise aussi le nombre

$$a^{m-n} - b^{m-n} + b^{m-2n}(a^n + b^n) = a^n(a^{m-2n} + b^{m-2n}),$$

et par suite le nombre $a^{m-2n} + b^{m-2n}$.

En continuant ainsi, nous démontrerons que d divise l'un au moins des nombres $a^{\sigma_1} + b^{\sigma_1}$ et $a^{\sigma_1} - b^{\sigma_1}$. Si donc $\sigma_2 = 0$, le théorème est démontré. Si $\sigma_2 > 0$, d divise l'un des nombres $a^{\sigma_2} + b^{\sigma_2}$ et $a^{\sigma_2} - b^{\sigma_2}$.

En répétant au besoin ces raisonnements, nous établirons complètement notre théorème.

On obtient des résultats analogues pour les nombres $a^m + b^m$ et $a^n - b^n$, ainsi que pour les nombres $a^m - b^m$ et $a^n + b^n$.

Considérons à présent le cas des nombres $a^m - b^m$ et $a^n - b^n$. En suivant la marche qui a été indiquée plus haut, on démontrera que d divise $a^\delta - b^\delta$. Mais d est en même temps divisible par $a^\delta - b^\delta$, puisque δ divise chacun des nombres m et n , donc $d = a^\delta - b^\delta$.

Etudions encore le cas où m est un nombre impair, et $(m, n) = 1$. Alors $d = (a^m - b^m, a^n + b^n)$ divise 2.

En effet, dans ce cas d divise l'un au moins des nombres $a + b$ et $a - b$. Mais $(a^m - b^m, a + b)$ divise 2. On déduit cela de ce fait que même $d' = (a^m - b^m, a^m + b^m)$ divise 2, puisque d' divise

$$(a^m + b^m) + (a^m - b^m) = 2a^m,$$

et $(a^m - b^m, 2a^m)$ divise 2.

On démontrera de même que $(a^n + b^n, a - b)$ divise 2. Notre théorème est donc établi.

En particulier, si l'un des nombres a et b est pair et l'autre impair, alors $(a^m - b^m, a^n + b^n) = 1$.

Admettons à présent que $m = p$ soit un nombre premier impair. Alors chacun des nombres

$$\left(\frac{a^p - b^p}{a - b}, a^{p-i} - b^{p-i} \right), \quad (i = 1, 2, \dots, p - 1)$$

divise p .

En effet, comme $(p, p - i) = 1$, on a

$$(a^p - b^p, a^{p-i} - b^{p-i}) = a - b,$$

d'où il suit, en vertu d'un théorème connu¹, que

$$\left(\frac{a^p - b^p}{a - b}, a^{p-i} - b^{p-i} \right) = \left(\frac{a^p - b^p}{a - b}, a - b \right)$$

divise p .

En se servant des résultats précédents, on obtiendra sans peine le théorème suivant: *Si $(a, b) = 1$, $a - b \not\equiv 0 \pmod{2}$ et d'ailleurs $\left(\frac{a^p - b^p}{a - b}, a - b \right) = 1$, alors $\frac{a^p - b^p}{a - b}$ est premier à chacun des nombres.*

$$a^{p-1} - b^{p-1}, a^{p-2} - b^{p-2}, \dots, a^2 - b^2,$$

ainsi qu'à chacun des nombres

$$a^p + b^p, a^{p-1} + b^{p-1}, \dots, a^2 + b^2.$$

§ 2. — Nous allons indiquer maintenant quelques applications des théorèmes précédents.

Soit $(a, b) = 1$ et $ab \neq 1$. Alors on peut démontrer le théorème suivant. *Pour qu'un nombre p soit premier, il faut et il suffit que le plus grand commun diviseur des nombres $a^p - b^p$ et $a^i - b^i$ ($i = 1, 2, \dots, p - 1$) soit égal à $a - b$.*

Cette condition est nécessaire, d'après le théorème sur le plus grand commun diviseur des nombres $a^m - b^m$ et $a^n - b^n$ établi dans le § 1.

Elle est aussi suffisante. En effet, si $p = tu$ ($t > 1$, $u > 1$), alors $(a^p - b^p, a^u - b^u) \neq a - b$, puisque

$$a^p - b^p = a^{tu} - b^{tu} = (a^u - b^u)(a^{u(t-1)} + a^{u(t-2)}b^u + \dots)$$

est divisible par $a^u - b^u > a - b$.

¹ Voir par exemple E. LUCAS, *Théorie des nombres*, t. 1, p. 341.

Considérons à présent une congruence linéaire de la forme :

$$(a^i - b^i)x \equiv a^j - b^j \pmod{k}, \quad [(i, \mu) = (j, \mu) = 1], \quad (1)$$

où $(a, b) = 1$, $ab \neq 1$ et d'ailleurs $a^\mu \equiv b^\mu \pmod{k}$.

Cette congruence admet une solution.

En effet, comme $(i, \mu) = (j, \mu) = 1$, nous avons :

$$(a^\mu - b^\mu, a^i - b^i) = (a^\mu - b^\mu, a^j - b^j) = a - b.$$

Si donc $(k, a - b) = \delta$, on a aussi $(k, a^i - b^i) = (k, a^j - b^j) = \delta$.

Par conséquent, la congruence (1) est équivalente à la suivante :

$$Ax \equiv B \pmod{k'},$$

où

$$A = \frac{a^i - b^i}{\delta}, \quad B = \frac{a^j - b^j}{\delta} \quad \text{et} \quad k' = \frac{k}{\delta}.$$

Comme A et k' sont premiers entre eux, notre théorème est démontré.

En posant $b = 1$, $j = i - 1$ et $\mu = p$, nous retrouvons le théorème qui a été établi par l'auteur dans l'article cité plus haut.

Mais ce dernier résultat n'est pas nouveau ¹, puisqu'il découle immédiatement de ce fait connu que les nombres $\frac{x^m - 1}{x - 1}$ et $\frac{x^n - 1}{x - 1}$, où x est un nombre entier positif distinct de 1, sont premiers entre eux, toutes les fois que m et n le sont ².

A son tour, ce théorème se laisse généraliser de la manière suivante: *Les nombres $\frac{a^m - b^m}{a - b}$ et $\frac{a^n - b^n}{a - b}$, où $(a, b) = (m, n) = 1$ et $ab \neq 1$, sont premiers entre eux.* Ce résultat paraît être nouveau.

¹ J'ai appris cela quelque temps après la publication de mon travail.

² Voir: H. C. POCKLINGTON, The divisors of certain arithmetical forms, etc. *Proceedings. Cambr. Philosoph. Soc.*, v. 16, p. 7 (1911).